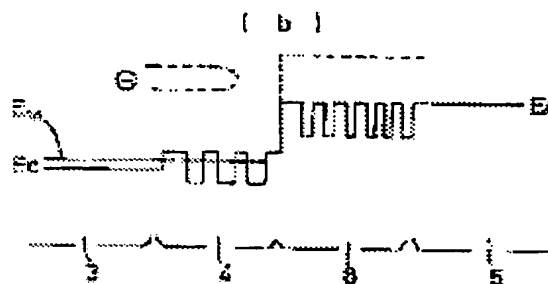
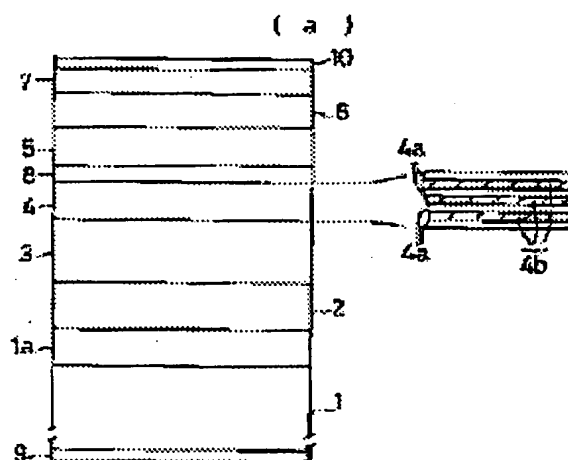


AA2

10/829,306

SEMICONDUCTOR OPTICAL ELEMENT**Publication number:** JP6244509**Publication date:** 1994-09-02**Inventor:** IRIKAWA MASANORI; IGA KENICHI**Applicant:** FURUKAWA ELECTRIC CO LTD; IGA KENICHI**Classification:****- international:** **H01L33/00; H01S5/00; H01L33/00; H01S5/00;** (IPC1-7):
H01S3/18; H01L33/00**- European:****Application number:** JP19930163971 19930608**Priority number(s):** JP19930163971 19930608; JP19920177437 19920610**Report a data error here****Abstract of JP6244509**

PURPOSE: To provide a blue semiconductor optical element oscillating at a high temperature higher than a room temperature. **CONSTITUTION:** In a semiconductor optical element containing either Zn or Cd as group II element, composed of a compound semiconductor containing either S or Se or Te as group VI element and having a double-heterostructure containing an active layer 4 and clad layer 6, a part of the clad layer 6 or optical confinement layer 5 is provided with a multiple quantum barrier structure 8 using a strain superlattice layer and having the function of reflecting an incident carrier as wave motion and in the manner of entering a phase where an incident wave and reflected wave intensify each other.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

AA2

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-244509

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

(51)Int.Cl.⁵

H01S 3/18

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

D 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全5頁)

(21)出願番号 特願平5-163971

(22)出願日 平成5年(1993)6月8日

(31)優先権主張番号 特願平4-177437

(32)優先日 平4(1992)6月10日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(71)出願人 591055399

伊賀 健一

東京都町田市つくし野2-33-10

(72)発明者 入川 理徳

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72)発明者 伊賀 健一

東京都町田市つくし野2-33-10

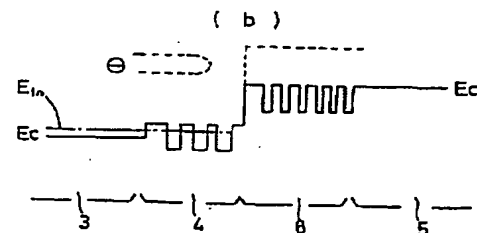
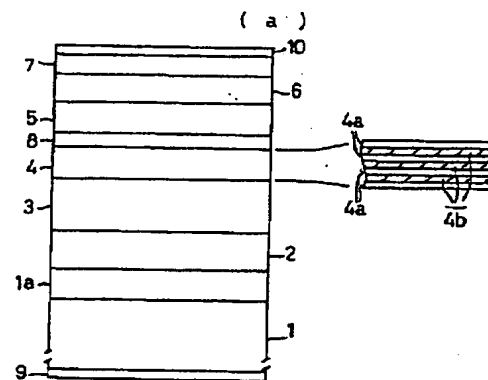
(74)代理人 弁理士 鈴木 雄一

(54)【発明の名称】 半導体光素子

(57)【要約】

【目的】 室温以上の高温で発振する青色半導体光素子を提供する。

【構成】 2族元素としてZnもしくはCdのいずれかを含み、6族元素としてS、SeもしくはTeのいずれかを含む化合物半導体から構成され、活性層4とクラッド層6を含むダブルヘテロ構造を有する半導体光素子において、クラッド層6あるいは光閉じ込め層5の一部に、入射キャリアを波動として反射し、かつ、入射波と反射波とが強め合う位相となるように反射し得る作用を有する、歪超格子層を用いた多重量子障壁構造8を設ける



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 2族元素としてZnもしくはCdのいずれかを含み、6族元素としてS、SeもしくはTeのいずれかを含む化合物半導体から構成され、活性層とクラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体光素子において、クラッド層あるいは光閉じ込め層の一部に、入射キャリアを波動として反射し、かつ、入射波と反射波とが強め合う位相となるように反射し得る作用を有する、歪超格子層を用いた多重量子障壁構造を設けたことを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 多重量子障壁構造が $Zn_x Cd_{1-x} S_y Se_{1-y}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)を含むことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 多重量子障壁構造が $Zn_x Cd_{1-x} Te$ ($0 \leq x \leq 1$)を含むことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、青色発光をする半導体光素子、特に半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来技術】青色レーザを実現する材料系として、2-6族系が注目されている。従来の青色発光をする半導体レーザ素子としては、次のようなものがある(文献1、2参照)。この半導体レーザ素子は、例えば図4に示す断面構造をなしている。即ち、 $n^+ - GaAs$ 基板1上に、 $n^+ - GaAs$ バッファ層1a、1.5 μm 厚さの $n - ZnS_{0.054}Se_{0.946}$ クラッド層2、0.5 μm *

$$\Delta E_c = \Delta E_g - | (E_{AfD} - E_{AV}) - (E_{CLFD} - E_{CLV}) | \dots (1)$$

ただし、 ΔE_g : バンドギャップ差

E_{AfD} : 活性層の発振時のホールに対する擬フェルミレベル

E_{AV} : 活性層の発振時の価電子帯上端のレベル

E_{CLFD} : pクラッド層の発振時のホールに対する擬フェルミレベル

E_{CLV} : pクラッド層の発振時の価電子帯上端のレベル
 式(1)において、| |内は、pクラッド層へ十分なドーピングが行われれば、通常、小さい。このとき、 ΔE_g が小さいことは、そのまま、伝導帯ヘテロ障壁が小さいことを意味する。一方、pクラッド層へのドーピングが不十分な場合、| |内第2項が増大し、 ΔE_c は更に小さくなる。

【0004】図4に示す実施例では、 $ZnSe$ と $Cd_{0.2}Zn_{0.8}Se$ との間の ΔE_g は、0.26eVとされている(文献1参照)。この値は $GaNAsP/InP$ 系(1.3 μm 帯)の $\Delta E_g \approx 0.4eV$ と比べると40%も小さい。活性層への注入キャリアレベルを $3 \sim 6 \times 10^{18} cm^{-3}$ とすると、式(1)第2項は50~80meVとなる。また、一方で、量子井戸の最低量子準位は伝導帯下端からおおよそ50meV高く、活性層の

2

*厚さの $n - ZnSe$ (Clドープ: $5 \times 10^{17} cm^{-3}$)
 光閉じ込め層3、 $Cd_{0.2}Zn_{0.8}Se$ 井戸層4bと $ZnSe$ 障壁層4aの多重量子井戸構造からなる活性層4、0.5 μm 厚さの $p - ZnSe$ (Nドープ: $4 \times 10^{17} cm^{-3}$) 光閉じ込め層5、1 μm 厚さの $p - ZnS_{0.054}Se_{0.946}$ クラッド層6、厚さ1000Åの $p^+ - ZnSe$ キャップ層7を順次積層したものである。上述のような2-6族系の半導体レーザ素子には、二つの問題点があった。即ち、

10 1) p、nのドーピングが困難であった。

2) ヘテロ障壁が小さい。

第1の問題については、プラズマを用いたNドーピングにより、 $10^{18} cm^{-3}$ 台のp型ドーピングが可能になり、ほぼ解決されてきている。第2の問題については、青色領域において発光し、格子整合する材料どうしでヘテロ障壁(バンドギャップ差)の大きい材料が存在しないことから、本質的な難しさを有していると考えられる。即ち、活性層とキャリア閉じ込めを行うクラッド層のいずれかが歪超格子層とならざるを得ない。ところで、歪超格子層の臨界膜厚と歪量の制約から、歪量を大きくすることには限界がある。従って、活性層とクラッド層とのバンドギャップ差にも制約が存在し、十分大きいバンドギャップ差を実現できないことになる。

【0003】ここで、ダブルヘテロ接合レーザ構造におけるレーザ発振時のヘテロ障壁の高さについて述べる。例えば、活性層にpドーピングを行った場合の活性層とpクラッド層との伝導帯側のヘテロ障壁 ΔE_c は次式で表される。

$$\Delta E_c = \Delta E_g - | (E_{AfD} - E_{AV}) - (E_{CLFD} - E_{CLV}) | \dots (1)$$

30 電子の擬フェルミレベルは、発振時にはこの量子準位より40~70meV高くなるから、活性層の擬フェルミレベルから測ったヘテロ障壁高さは約60~120meVとなる。このように、図4にその一例を示す従来構造では、 ΔE_c は十分な大きさをなく、この為、キャリア、特に電子がpクラッド層側にオーバーフローし、リークすることが、室温以上の高温側でのCW発振、良好な特性を実現する妨げの原因となっていると考えられる。

文献1 : H. Jeon et al., Appl. Phys. Lett., 59(1991)3619.

40 文献2 : W. Xie et al., 日本応用物理学会年会 1992春予稿集28a.

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来の青色発光をする半導体光素子の構造では、 ΔE_c は十分な大きさをなく、室温以上の高温側でのCW発振、良好な特性を実現することが困難であるという問題があった。

【0006】

50 【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解

決した半導体光素子を提供するもので、2族元素としてZnもしくはCdのいずれかを含み、6族元素としてS、SeもしくはTeのいずれかを含む化合物半導体から構成され、活性層とクラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体光素子において、クラッド層あるいは光閉じ込め層の一部に、入射キャリアを波動として反射し、かつ、入射波と反射波とが強め合う位相となるように反射し得る作用を有する、歪超格子層を用いた多重量子障壁構造を設けたことを特徴とするものである。

【0007】

【作用】多重量子障壁構造の原理は、K. Iga 等により提案されたもので、入射キャリアを波動として反射し、入射波と反射波とが強め合う位相となるように超格子構造を構成することにより、入射キャリアを超格子構造体で波動として“共鳴散乱”させることで、古典的障壁高さよりも高い障壁高さを実現するものである（文献3、4参照）。一方、歪超格子構造によるヘテロ障壁の増大、制御の考え方は、3-5族系では文献5に提示されている。この考え方を多重量子障壁構造に応用し、GaInAsP系発光素子において、より高い実効バリア高さを

実現した多重量子障壁構造の構成法については、特開平5-7051および文献6に開示した。本発明は、上記概念を2-6族系青色半導体レーザ素子に適用したものであり、その効果は次の通りである。即ち、

1) 歪超格子とすることで、ヘテロ障壁高さを人為的に制御、設定でき、より大きいヘテロ障壁をもつ材料を組み合わせることで、より大きい実効バリア高さを実現できる（文献5参照）。
2) 2-6族系でバルククラッド層を用いる限り、 ΔE_c を大きくするには、活性層の歪量を増大させるしか方法がないが、この方法では現状で限界に近い。これに対して、クラッド層の一部を歪超格子とすることで、よりヘテロ障壁の大きい材料をクラッド層の一部に用いることができる。このとき、多重量子障壁構造の原理を用いることで、トンネリングなどによるリークが存在せず、有効にキャリアを閉じ込め得るクラッド層を構成する事が出来る。

文献3：K. Iga et al., Electron. Lett., 22, 1008 (1986).

文献4：K. Iga, Conference on Laser and Electro-Optics, California, Tech. Digest 12 (1992) 2.

文献5：F. L. Schuermeier et al., Appl. Phys. Lett., 55, 1877 (1989).

文献6：M. Irikawa et al., Jpn. J. Appl. Phys., 31, L1351 (1992).

【0008】

【実施例】以下、図面に示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。図1(a)、(b)は、それぞれ本考案にかかる半導体レーザ素子の一実施例の断面図と、レーザ発振時の伝導帯エネルギーバンドの概念図であ

る。本実施例は、歪超格子多重量子障壁層8を除いては、図4で説明した従来例と同様である。9はn電極、10はp電極である。歪超格子多重量子障壁層8は、図2(a)に示すように、活性層4に近い側から、障壁層8aとして、層厚さ80ML（モノレーヤー）および20MLのZnSe層を各1層、障壁層8bとして、1.4%引張り歪を有する6MLのZn_{0.3}Se_{0.7}層を5層、を用いている。また、井戸層8cとして、1.4%圧縮歪を有する6MLのCd_{0.2}Zn_{0.8}Se層を7層、用いている。引張り歪み層と圧縮歪み層とを交互に積層することで、この様に比較的厚い歪超格子の形成が可能となる。

【0009】このような多重量子障壁構造に対する1次元ポテンシャルモデルを図2(a)に示す。このポテンシャルモデルにシュレディンガー方程式を適用し、トランスファーマトリックス法（文献3参照）を用いて、活性層4から歪超格子多重量子障壁層8へ向かって入射する電子に対する反射率を計算した結果を図2(b)に示す。ここで、有効質量としては、Cd_{0.2}Zn_{0.8}Seについては0.15m₀、ZnSeについては0.16m₀、Zn_{0.3}Se_{0.7}については0.23m₀とした。ここにm₀は電子の静止質量である。図2(b)からわかるように、実効バリア高さとして0.4eVの値が得られる。図2(a)のモデルにおいて、今、活性層4のCd_{0.2}Zn_{0.8}Se井戸層4bの電子に対する擬フェルミレベルを70meVと仮定すると、擬フェルミレベルから測った障壁高さは、従来のZnSeで180meV、歪超格子多重量子障壁層8で330meVとなる。即ち、この場合には、活性層の擬フェルミレベルから測ったヘテロ障壁高さは実効的に図4の例より150meV高くなり、210meV~270meVとなる。この値は、現在通信用に実用化されているGaInAsP/InP系レーザのそれと同等の値である。このようにして、本実施例によれば、ヘテロ障壁高さを従来の2倍近くに大きくすることができる。図3に、しきい値電流密度の温度依存性を、従来構造の素子と本実施例について示した。図中、□印は報告されている測定値、CW（従来例）を示す直線は光励起データから推定したものである。この様に、本実施例によれば、青色半導体レーザ素子の温度特性が大幅に改善され、特に、室温以上の高温でも十分低いしきい値で発振可能な実用レベルの素子の実現が可能になる。

【0010】なお、本発明は上記実施例に限らず、多重量子障壁構造を構成する材料系としては、GaP基板上もしくはGaAs基板上に(Zn、Cd)S系を、また、GaAs基板上もしくはInGaAs基板上に(Zn、Cd)(S、Te)系を用いてもよい。本発明の素子は、MOCVD法その他、MBE法あるいはガスソースMBE法などを用いて成長させることもできる。

【0011】

5

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、2族元素としてZnもしくはCdのいずれかを含み、6族元素としてS、SeもしくはTeのいずれかを含む化合物半導体から構成され、活性層とクラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体光素子において、クラッド層あるいは光閉じ込め層の一部に、入射キャリアを波動として反射し、かつ、入射波と反射波とが強め合う位相となるように反射し得る作用を有する、歪超格子層を用いた多重量子障壁構造を設けるため、室温以上の温度でCW発振を起こさせることができるという優れた効果がある。

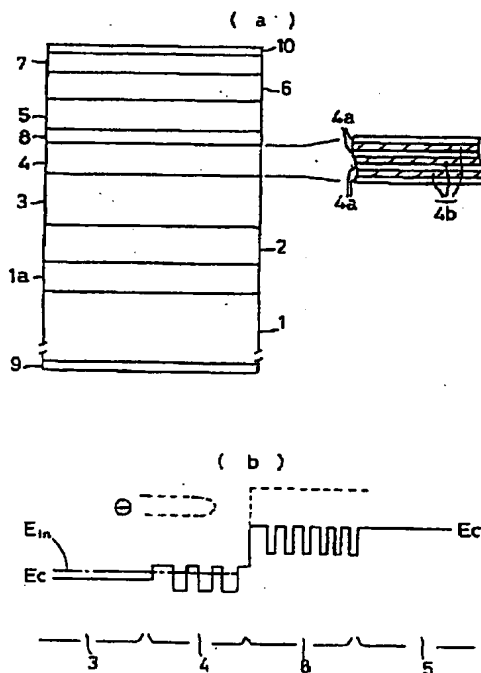
【図面の簡単な説明】

【図1】 (a)、(b)は、それぞれ本考案にかかる半導体レーザ素子の一実施例の断面図と、レーザ発振時の伝導帯エネルギーバンドの概念図である。

【図2】 (a)、(b)は、それぞれ上記実施例の多重量子障壁構造に対する1次元ポテンシャルモデルを示す図と、入射電子のエネルギー準位と反射率の関係についての計算結果を示す図である。

【図3】 上記実施例のしきい値電流密度と温度との関係を示す図である。

【図1】



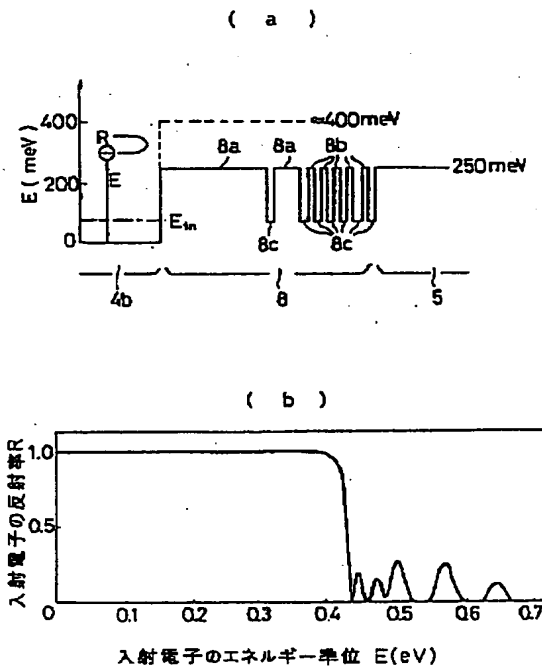
6

【図4】 従来の半導体レーザ素子の断面図である。

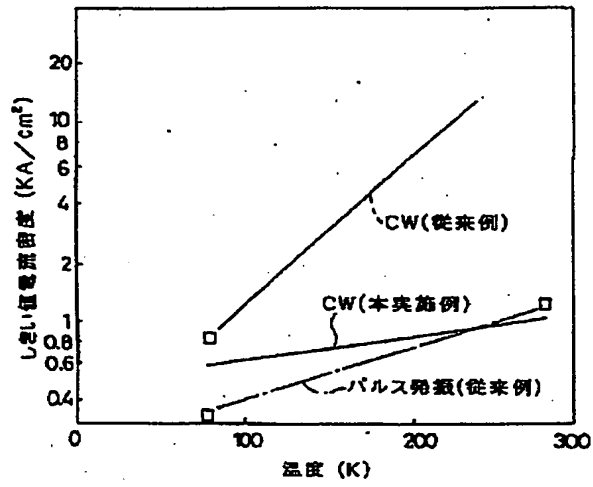
【符号の説明】

1	n ⁺ -GaAs基板
1 a	n ⁺ -GaAsバッファ層
2	n-ZnS _{0.054} Se _{0.946} ク
ラッド層	
3	n-ZnSe光閉じ込め層
4、1 4	活性層
4 a	ZnSe障壁層
4 b	Cd _{0.2} Zn _{0.8} Se井戸層
5	p-ZnSe光閉じ込め層
6	p-ZnS _{0.054} Se _{0.946} ク
ラッド層	
7	p ⁺ -ZnSeキャップ層
8	歪超格子多重量子障壁層
8 a	ZnSe障壁層
8 b	ZnS _{0.3} Se _{0.7} 障壁層
8 c	Cd _{0.2} Zn _{0.8} Se井戸層
9	n電極
10	p電極

【図2】



【図3】



【図4】

